

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED BIOLOGY  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED BIOLOGY  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juli 2003 (03.07.2003)

PCT

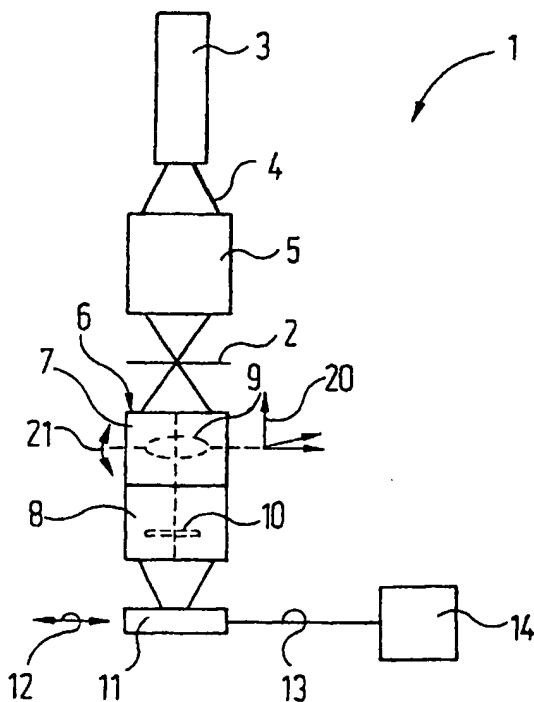
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/054631 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G03F 7/20, (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
G02B 5/30, 1/02, 1/08 US): CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse  
22, 73447 Oberkochen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/11030
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Oktober 2002 (02.10.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 62 796.3 20. Dezember 2001 (20.12.2001) DE
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MECKING, Birgit  
[DE/DE]; Milanweg 107, 73434 Aalen (DE). GRÜNER,  
Toralf [DE/DE]; Moosstr. 5, 89551 Königsbrunn (DE).  
KOHL, Alexander [DE/DE]; Zeppelinstrasse 1, 73430  
Aalen (DE).
- (74) Anwälte: OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, 70597  
Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPTIMIZING THE IMAGING CHARACTERISTICS OF AT LEAST TWO OPTICAL ELEMENTS  
AND PHOTOLITHOGRAPHIC PRODUCTION PROCESS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DER ABBILDUNGSEIGENSCHAFTEN VON MINDESTENS ZWEI  
OPTISCHEN ELEMENTEN SOWIE PHOTOLITHOGRAPHISCHES FERTIGUNGSVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to a method for optimizing the imaging characteristics of at least two optical elements (9, 10) wherein the relative position of the optical elements (9, 10) is adjusted in order to optimize the optical imaging in relation thereto. The inventive method consists of the following steps: a polarization-dependent disturbance variable is initially determined for at least one element (9, 10). A target position of at least one movable optical element (9) is calculated from the disturbance variable determined therefor and the disturbance variables of the other optical elements (6), comprising polarization-dependent and polarization-independent disturbance variables is minimized. The movable optical element (9) is then moved into said target position. Precise modelling of the imaging characteristics is achieved by taking into account the polarization-dependent disturbance variable, thereby creating the requisite precondition for exact optimization.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften von mindestens zwei optischen Elementen (9, 10), bei dem die relative Lage der optischen Elemente (9, 10) zur Optimierung der optischen Abbildung zueinander eingestellt wird, werden folgende Verfahrensschritte durchgeführt: Zunächst wird eine polarisationsabhängige

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/054631 A1



(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,

SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

Störgrösse für mindestens ein optisches Element (9, 10) bestimmt. Anschliessend wird eine Zielposition mindestens eines beweglichen optischen Elements (9) aus der für dieses bestimmten Störgrösse und den Störgrössen der weiteren optischen Elemente berechnet. In welcher dieser Zielposition ist die Gesamtgrösse aller optischen Elemente (6), zusammengesetzt aus polarisationsabhängigen und polarisationsunabhängigen Störgrössen, minimiert. Schliesslich wird das bewegliche optische Element (9) in die Zielposition bewegt. Die Berücksichtigung der polarisationsabhängigen Störgrösse gewährleistet eine präzise Modellierung der Abbildungseigenschaften, welche die Voraussetzung für eine exakte Optimierung ist.

Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften  
von mindestens zwei optischen Elementen sowie  
photolithographisches Fertigungsverfahren

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften von mindestens zwei optischen Elementen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein photolithographisches Fertigungsverfahren.

Derartige Verfahren sind aus der EP 1 063 684 A1 bekannt. Dort wird als polarisationsabhängige Störgröße die Doppelbrechungsverteilung von Linsen innerhalb eines Projektionsobjektivs einer Projektionsbelichtungsanlage bestimmt. Die Linsen werden dann so ausgewählt und innerhalb des Projektionsobjektivs angeordnet, daß sich eine Gesamtdoppelbrechung ergibt, deren Betrag für jeden optischen Weg durch das Projektionsobjektiv einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet. Die Gesamtdoppelbrechung setzt sich hierbei zusammen aus der Summe aller Doppelbrechungen der einzelnen vermessenen Linsen. Ein derartiges Verfahren ist hilfreich, wenn Linsen aufgrund einer nicht tolerierbaren Doppelbrechungsverteilung aussortiert werden sollen, führt in der Praxis jedoch nicht immer dazu, daß Vorgabewerte für die Abbildungseigenschaften der optischen Elemente erreicht werden.

Ein anderes Optimierungsverfahren ist aus dem Fachartikel "The development of microlithographic high-performance optics, Int. J. of Optoelec., 1989, 545, bekannt. Bei der Optimierung der Abbildungseigenschaften optischer Systeme mit optischen Elementen, die aus Kristallmaterialien gefertigt sind, führt dieses Verfahren nur dann

zu zufriedenstellenden Ergebnissen, wenn die Kristallmaterialien speziell ausgewählt werden und die optischen Elemente spannungsfrei gehalten werden. Derartige Maßnahmen sind aufwendig.

05

Es ist daher eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Optimierungsverfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass ein Gesamtabbildungsfehler, der sich aus den Abbildungsfehlern der einzelnen optischen

10 Komponenten zusammensetzt, für die meisten praktischen Anwendungsfälle weiter reduziert werden kann.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren stützt sich auf folgende Erkenntnisse:

Zur Gesamtstörgröße tragen in aller Regel polarisationsabhängige und polarisationsunabhängige Störgrößen bei. Polarisationsabhängige Störgrößen können unterteilt werden in intrinsisch vorliegende polarisationsabhängige Störgrößen wie der intrinsischen, also auch bei homogenem und spannungsfreiem Material auftretenden, Doppelbrechung, 20 in aufgrund externer Effekte auftretende polarisationsabhängige Störgrößen wie der Spannungsdoppelbrechung und in aufgrund innerer Materialinhomogenitäten auftretende polarisationsabhängige Störgrößen wie einer Doppelbrechung aufgrund von Kristallfehlern, insbesondere durch die 25 Ausbildung von Domänen im Material. 30

Bisherige Bestimmungsverfahren zur Bestimmung von Abbildungsfehlern optischer Elemente beschränkten sich in der Regel auf polarisationsunabhängige Störgrößen, da für die 35 gebräuchlichen optischen Materialien nur im Ausnahmefall

von einer polarisationsabhängigen Störgröße ausgegangen wurde. Diesen polarisationsabhängigen Störgrößen wurde bisher Rechnung getragen, ohne sie in eine Zielpositions-  
berechnung einzubinden. Dies geschah, wie oben schon  
05 erwähnt, durch Materialauswahl bzw. spezielle Halterung.

Aus der Internet-Publikation "Preliminary Determination of an Intrinsic Birefringence in  $\text{CaF}_2$ " von J. H. Burnett, G. L. Shirley und Z. H. Levine, NIST Gaithersburg MD 20899  
10 USA (verbreitet am 7.5.01), ist jedoch bekannt, dass  $\text{CaF}_2$  Einkristalle auch nicht spannungsinduzierte, also intrinsische Doppelbrechung aufweisen. Dies gilt zum Beispiel für eine Strahlausbreitung in der (110)-Kristallrichtung. Bei einer Strahlausbreitung in der (100)-Kristallrichtung  
15 und in der (111)-Kristallrichtung weist  $\text{CaF}_2$  dagegen keine intrinsische Doppelbrechung auf. Die auftretende Doppelbrechung ist also strahlrichtungsabhängig. Sie kann weder durch Materialauswahl noch durch eine spannungsfreie Halterung eines optischen Elements eliminiert werden.

20

Da  $\text{CaF}_2$  und auch andere Kristallmaterialien mit intrinsischer Doppelbrechung zunehmend als optische Materialien insbesondere in Verbindung mit UV-Lichtquellen eingesetzt werden, führt das Nichtberücksichtigen polarisationsab-  
25 hängiger Störgrößen zu Abbildungsfehlern, die bei den bekannten Optimierungsverfahren nicht erfaßt werden.

Die polarisationsabhängigen Störgrößen führen dazu, dass eine Abbildung von Lichtstrahlen orthogonaler Polari-  
30 sationen an unterschiedlichen Orten erfolgt. Gleichzeitig können Polarisationseffekte bewirken, daß die einzelnen Polarisationskomponenten unterschiedliche Abbildungsfehler erfahren.

35 Die oben erwähnte EP 1 063 684 A1 berücksichtigt zwar

- 4 -

eine polarisationsabhängige Störgröße, nämlich die Doppelbrechung, läßt aber im Rahmen der Optimierung der Anordnung der optischen Komponenten zueinander andere Störgrößen außer acht, wodurch sich vermeidbare Fehlerbeträge zum  
05 Gesamtabbildungsfehler ergeben können.

Erfindungsgemäß werden sowohl die polarisationsabhängigen als auch die polarisationsunabhängigen Störgrößen bei der Zielpositionsberechnung berücksichtigt. Auf diese  
10 Weise lassen sich die optischen Elemente hinsichtlich ihrer Abbildungseigenschaften präzise und vollständig modellieren.

Die polarisationsabhängige Störgröße gemäß Anspruch  
15 2 berücksichtigt den Einfluss von internen Spannungen in den optischen Materialien. Diese internen Spannungen können etwa beim Herstellungsprozess im Material eingefroren worden sein oder aufgrund der mechanischen Halterung (Fassung) des optischen Elements auftreten. Die  
20 Berücksichtigung der Spannungsdoppelbrechung verbessert die Optimierung der Abbildungseigenschaften auch bei optischen Elementen, die keine intrinsische Spannungsdoppelbrechung aufweisen.

25 Eine Lagebestimmung mindestens einer Kristallachse gemäß Anspruch 3 kann im günstigsten Fall, wenn keine weiteren polarisationsabhängigen Störgrößen vorliegen, eine weitere Messung polarisationabhängiger Störgrößen überflüssig machen, da nach Bestimmung der Kristallachsenlage die  
30 intrinsische Doppelbrechung berechnet werden kann.

Ein relativ einfach, da ohne größere Eingriffe in die Halterung des optischen Elements, realisierbarer Bewegungsfreiheitsgrad ist die Verdrehbarkeit des mindestens  
35 einen optischen Elements gemäß Anspruch 4.

- 5 -

Die Auswirkungen der Verlagerung eines gemäß Anspruch  
5 linear verlagerbaren optischen Elements auf die Abbil-  
dungseigenschaften der mindestens zwei optischen Elemente  
05 lassen sich präzise, z.B. mittels optischer Designprogramme  
vorhersagen, was die Berechnung der Zielposition erleich-  
tert.

Mit einem gemäß Anspruch 6 verlagerbaren optischen Element  
10 lassen sich insbesondere Zentrierungsfehler kompensieren.

Ein gemäß Anspruch 7 verkippbares optisches Element  
erlaubt z.B. eine Ausrichtung der Kristallachsen des  
optischen Elements relativ zur optischen Achse einer  
15 Gesamtoptik, welche die mindestens zwei optischen Elemente  
umfaßt.

Eine Bestimmung der polarisationsabhängigen Störgröße  
gemäß Anspruch 8 führt dazu, dass auch die Beiträge  
20 der Spannungsdoppelbrechung, die von der Fassung ausgehen  
bei der Bestimmung der polarisationsabhängigen Störgröße  
berücksichtigt werden. Dies erhöht die Präzision des  
Optimierungsverfahrens.

25 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist  
es, ein photolithographisches Fertigungsverfahren mit  
verbesserter optischer Qualität schaffen.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch ein Ver-  
30 fahren mit den im Anspruch 9 genannten Merkmalen. Die  
Vorteile des Fertigungsverfahrens ergeben sich aus den  
oben diskutierten Vorteilen des Optimierungsverfahrens.

Bei einer Belichtungswellenlänge gemäß Anspruch 10 liegen  
35 bei vielen optischen Materialien polarisationsabhängige

- 6 -

Störgrößen vor, die die Abbildungseigenschaften optischer Elemente stärker beeinflussen als z.B. bei Belichtung mit sichtbarem Licht. Bei einer Belichtung mit Wellenlängen kleiner als 200 nm kommt daher das erfindungsgemäße  
05 Optimierungsverfahren stark zum Tragen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

10 Figur 1 eine Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie;

Figur 2 einen Schnitt durch einen Block eines Einkristalls als Ausgangsmaterial für eine Linse einer Projektionsoptik der Projektionsbelichtungsanlage von  
15 Figur 1;

Figur 3 eine schematische Darstellung der intrinsischen Doppelbrechung einer aus einem Einkristall hergestellten optischen Platte der Projektionsoptik der Projektionsbelichtungsanlage von  
20 Figur 1;

Figur 4 ein Koordinatensystem zur Definition eines Öffnungswinkels und eines Azimutwinkels für  
25 Strahlen eines Projektionslichtbündels der Projektionsbelichtungsanlage von Figur 1; und

Figur 5 den Verlauf der intrinsischen Doppelbrechung der optischen Platte von Figur 3 in Abhängigkeit vom Azimutwinkel.  
30

Eine in Figur 1 insgesamt mit 1 bezeichnete Projektionsbelichtungsanlage dient zur Übertragung einer Struktur  
35 von einer Maske 2 auf einen in der Figur 1 nicht darge-



stellten Wafer.

Eine Lichtquelle 3, zum Beispiel ein  $F_2$ -Laser bei mit einer Wellenlänge 157nm, erzeugt hierzu ein Projektions-  
05 lichtbündel 4. Dieses durchtritt zur Formung zunächst eine Beleuchtungsoptik 5 und anschließend die Maske 2. Eine Projektionsoptik 6 bildet die auf der Maske 2 vorliegende Struktur auf den Wafer ab.

10 Die Projektionsoptik 6 ist in Figur 1 unterteilt in einen um die optische Achse der Projektionsoptik 6 verdrehbaren Teil 7 und in einen stationären Teil 8. In der Praxis liegen bei der Projektionsoptik 6 oft mehrere verdrehbare Teile vor; zu Zwecken dieser Beschreibung genügt jedoch die  
15 Beschränkung auf nur einen verdrehbaren Teil 7.

Stellvertretend für die optischen Komponenten des verdrehbaren Teils 7 ist in Figur 1 eine bikonvexe Linse 9 und für die optischen Komponenten des stationären Teils 8  
20 eine planparallele optische Platte 10 angedeutet. Die Linse 9 ist zudem, wie in Fig. 1 durch ein kartesisches Koordinatensystem 20 illustriert, sowohl längs der optischen Achse als auch quer zur optischen Achse der Projektionsoptik 6 verlagerbar, sowie, wie durch einen Doppelpfeil 21 in Fig. 1 angedeutet, gegenüber der optischen  
25 Achse der Projektionsoptik 6 verkippter. Der Doppelpfeil 21 bezeichnet hierbei eine von zwei möglichen und aufeinander senkrecht stehenden Kippbewegungen gegenüber der optischen Achse. Auch andere, in Fig. 1 nicht explizit  
30 dargestellte optische Elemente der Projektionsoptik 6 können die genannten Bewegungsfreiheitsgrade aufweisen.

Zur Vermessung von sich auf die Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 auswirkenden Störgrößen ist ein  
35 positionsempfindlicher Sensor 11 vorgesehen. Dieser ist

quer zur optischen Achse der Projektionsoptik 6 zwischen einer in Figur 1 dargestellten Messposition und einer nicht dargestellten, aus dem Strahlengang des Projektionslichtbündels 4 herausverlagerten Projektionsbelichtungsposition verschiebbar (vgl. Doppelpfeil 12 in Fig. 1). Über  
05 eine Signalleitung 13 steht der Sensor 11 mit einem Rechner 14 in Verbindung.

Die Linse 9 und die optische Platte 10 sind aus Einkristallen aus  $\text{CaF}_2$  gefertigt, welches eine kubische Kristallsymmetrie aufweist. Zur Herstellung werden diese optischen  
10 Elemente 9, 10 aus Kristallblöcken herausgeschnitten und poliert.

Für die Linse 9 ist in Fig. 2 beispielhaft ein solcher Kristallblock 15 dargestellt. Dieser ist so orientiert, dass (100)-Kristallebenen 16 derart senkrecht auf der Zeichenebene stehen, daß ihre Schnittgeraden mit der Zeichenebene horizontal verlaufende Linien ergeben. Die  
20 Linse 9 wird aus dem Kristallblock 15 so herausgearbeitet, dass ihre Elementachse EA, d. h. die optische Achse der Linse 9, mit der (100)-Kristallrichtung, die senkrecht auf den (100)-Kristallebenen steht, zusammenfällt.

Auch die optische Platte 10, die isoliert in Fig. 3 dargestellt ist, ist derart orientiert aus einem Kristallblock herausgearbeitet. Dort sind neben der (100)-Kristallrichtung auch die (101)-, (110)-, (10-1)- und (1-10)- Kristallrichtungen als Pfeile dargestellt, wobei das  
30 negative Vorzeichen bei der Indizierung der Kristallrichtung in dieser Beschreibung der Bezeichnung "oben quer" in der Zeichnung gleichzusetzen ist. Eine intrinsische Doppelbrechung der optischen Platte 10 ist schematisch durch vier "Keulen" 17 dargestellt, deren Oberflächen den  
35 Betrag der intrinsischen Doppelbrechung für die jeweilige

- 9 -

Strahlrichtung eines Lichtstrahls des Projektionslichtbündels 4 (vgl. Figur 1) angeben. Die maximale intrinsische Doppelbrechung der optischen Platte 4 ergibt sich jeweils in den (101)-, (110)-, (10-1) und (1-10)-Kristallrichtungen.

05

Die Strahlrichtung eines Lichtstrahls 18 des Projektionslichtbündels 4 ist durch einen Öffnungswinkel  $\Theta$  und einen Azimutwinkel  $\alpha$  definiert. Die Lage dieser beiden Winkel verdeutlicht Figur 4: Dort ist ein kartesisches Koordinatensystem der Projektionsbelichtungsanlage 1 gezeigt, dessen z-Achse mit der optischen Achse der Projektionsoptik 6 zusammenfällt. Der Öffnungswinkel  $\Theta$  ist der Winkel zwischen dem Lichtstrahl 18 und der z-Achse. Der Azimutwinkel  $\alpha$  ist der Winkel zwischen der x-Achse und der Projektion des Lichtstrahls 18 auf die xy-Ebene.

Bei der nachfolgenden Beschreibung sind die optischen Komponenten 9, 10 so orientiert, daß die (100)-Kristallrichtung mit der z-Achse und die Projektion der (101)-Kristallrichtung auf die xy-Ebene mit der x-Achse zusammenfällt.

Figur 5 zeigt die intrinsische Doppelbrechung (IDB) der optischen Platte 10 in Abhängigkeit vom Azimutwinkel  $\alpha$  für den Öffnungswinkel  $\Theta = 45^\circ$ . Es ergibt sich eine vierzählige Symmetrie, wobei die Maxima der intrinsischen Doppelbrechung sich für Lichtstrahlen ergeben, deren Strahlrichtung mit den (101)-, (110)-, (10-1)- und (1-10)-Kristallrichtungen (vgl. Figur 3) zusammenfallen, also für Lichtstrahlen mit einem Öffnungswinkel  $\Theta$  von  $45^\circ$  und einem Azimutwinkel  $\alpha$  von  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$ . Die intrinsische Doppelbrechung verschwindet (vgl. Figur 3) bei einem Öffnungswinkel von  $0^\circ$ , d. h. eine Strahlrichtung längs der optischen Achse des Projektionsobjektivs 6 in (100)-Kristallrichtung.

- 10 -

Als maximale intrinsische Doppelbrechung (Strahlausbreitung z.B. in (110)-Kristallrichtung, d.h. Theta gleich 45 Grad, Alpha gleich 90 Grad) wurde ein Wert von (11,0 +/- 0,4)  
05 nm/cm bei einer Wellenlänge von 156,1nm für  $\text{CaF}_2$  gemessen.

Bei den Azimutwinkeln, bei denen eine intrinsische Doppelbrechung auftritt (vgl. Figur 5), nimmt diese für Öffnungswinkel kleiner als 45 Grad mit dem Öffnungswinkel kontinuierlich ab (vgl. Figur 3).  
10

Neben diesen intrinsischen Beiträgen zur Doppelbrechung weisen die Linse 9 und die optische Platte 10 abhängig von ihrer Einbausituation in der Projektionsoptik 6  
15 zusätzliche Spannungsdoppelbrechungsbeiträge auf, die sich zur intrinsischen Doppelbrechung addieren. Weitere Doppelbrechungsbeiträge können sich zum Beispiel durch Kristallfehler, insbesondere durch die Ausbildung von Domänen, ergeben. Nicht intrinsische Doppelbrechungsbeiträge können auch bei optischen Materialien vorliegen,  
20 die keine intrinsische Doppelbrechung aufweisen.

Ein Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 wird folgendermaßen durchgeführt:  
25

Zunächst werden die optischen Störgrößen aller optischen Elemente der Projektionsoptik 6 einzeln ermittelt. Derartige Messverfahren zur Bestimmung einerseits der oben beschriebenen Doppelbrechungsbeiträge als Beispiel für  
30 polarisationsabhängige Störgrößen und andererseits polarisationsunabhängiger Störgrößen sind dem Fachmann bekannt. Hierzu kann zum Beispiel, wie dies durch den Sensor 11 in Figur 1 angedeutet ist, eine Messung der Gesamtabbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 bei verschiedenen  
35 Justagezuständen der Projektionsoptik 6 erfolgen.

- 11 -

Alternativ oder zusätzlich können mit Hilfe bekannter Messverfahren die einzelnen optischen Elemente der Projektionsoptik 6 unabhängig voneinander vermessen werden.

- 05 Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Einbausituation der optischen Elemente in der Projektionsoptik 6 während dieser unabhängigen Vermessung möglichst präzise simuliert wird, so dass bedingt durch den Einbau der optischen Elemente in die Projektionsbelichtungsanlage  
10 1 nicht zusätzliche Störbeiträge entstehen, die die Optimierung der Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 beeinträchtigen.

- Die Bestimmung der Doppelbrechungsbeiträge kann zum  
15 Beispiel die Lagebestimmung der Kristallachsen der vermessenen optischen Elemente, soweit es sich um Kristallmaterialien handelt, umfassen.

- Die Messergebnisse werden vom Rechner 14 ausgewertet.  
20 Dieser ermittelt die jeweiligen Störgrößenbeiträge der einzelnen optischen Elemente der Projektionsoptik und ordnet diese Beiträge den einzelnen polarisationsabhängigen und polarisationsunabhängigen Störgrößen zu. Anschließend berechnet und optimiert der Rechner 14 eine Zielfunktion  
25 (Meritfunktion). In diese Zielfunktion gehen die Abhängigkeiten der Störgrößenbeiträge aller optischen Elemente von den Bewegungsfreiheitsgraden dieser optischen Elemente (Verdrehung, Neigung, Zentrierung) ein.

- 30 Im dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt diese Berechnung für die optischen Komponenten 9 und 10:

- Wie oben ausgeführt, ist die Linse 9 gegenüber der optischen Platte 10 um die optische Achse verdrehbar. Nach  
35 der Vermessung der Störgrößenbeiträge liegen für die Linse

- 12 -

9 und die optische Platte 10 ihre jeweiligen Beiträge zu den polarisationsabhängigen und den polarisationsunabhängigen Störgrößen vor. Die Meritfunktion enthält neben den Störgrößen der Linse 9 und der optischen Platte 10 auch  
05 die Abhängigkeit der Störgrößenbeiträge der Linsen 9 von der Verdrehung von dieser um die optische Achse.

Anschließend wird die Meritfunktion durch Variation der Bewegungsfreiheitsgrade der beweglichen Teile der Projektionsoptik 6 optimiert. Bei der Ausführung gemäß Figur 1  
10 wird die Meritfunktion bei jeder Drehposition des verdrehbaren Teils 7 der Projektionsoptik 6 ausgewertet. Anschließend wird diejenige Drehposition ermittelt, in der die Meritfunktion den optimalen Wert aufweist.

15

Schließlich werden die beweglichen optischen Elemente in die ermittelte Zielposition gefahren. Bei der Ausführung nach Figur 1 wird der verdrehbare Teil 7 mit der Linse 9 in die ermittelte Zielposition gedreht.

## Patentansprüche

=====

05

1. Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften von mindestens zwei optischen Elementen, bei dem die relative Lage der optischen Elemente zur Optimierung der optischen Abbildung zueinander eingestellt wird,  
10 mit folgenden Verfahrensschritten:
  - a) Bestimmen einer polarisationsabhängigen Störgröße für mindestens ein optisches Element (9, 10);
  - 15 b) Berechnen einer Zielposition mindestens eines beweglichen optischen Elements (9) aus den Störgrößen, die für dieses und für das mindestens eine weitere optische Element bestimmt wurden,
  - 20 c) Bewegen des beweglichen optischen Elements (9) in die Zielposition;dadurch gekennzeichnet, daß
- 25 das Berechnen der Zielposition derart erfolgt, daß in der Zielposition die Gesamtstörgröße aller optischen Elemente (9, 10), zusammengesetzt aus polarisationsabhängigen und polarisationsunabhängigen Störgrößen, minimiert ist.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unter den polarisationsabhängigen Störgrößen die Spannungsdoppelbrechung ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
35 daß das mindestens eine optische Element (9, 10),

dessen polarisationsabhängige Störgröße bestimmt wird,  
aus einem Kristallmaterial besteht und dass das Bestimmen  
der aus der Spannungsdoppelbrechung resultierenden  
Störgröße das Bestimmen der Lage mindestens eine Kristall-  
05 achse umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine  
bewegliche optische Element (9) um seine optische Achse  
10 verdrehbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine  
bewegliche optische Element relativ zu den anderen opti-  
15 schen Elementen linear verlagerbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass das bewegliche optische Element quer zur optischen  
Achse verlagerbar ist.  
20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch  
gekennzeichnet, dass das bewegliche optische Element  
gegenüber der optischen Achse verkipfbar ist.

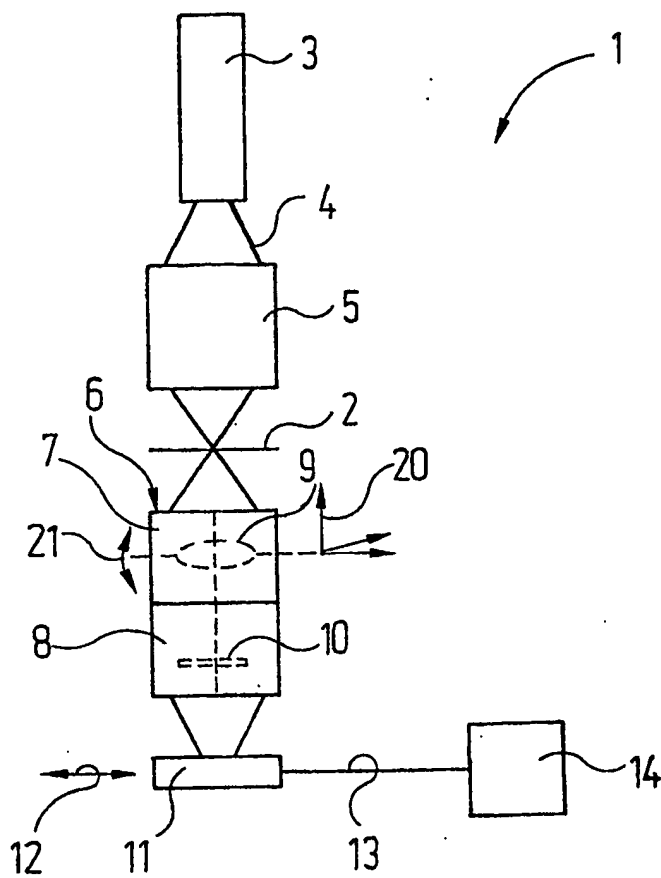
25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der  
polarisationsabhängigen Störgröße am gefassten optischen  
Element erfolgt.

30 9. Photolithographisches Fertigungsverfahren für Halb-  
leiterbauelemente unter Benutzung optischer Elemente,  
deren Abbildungseigenschaften mit einem Verfahren nach  
einem der vorhergehenden Ansprüche optimiert wurden.

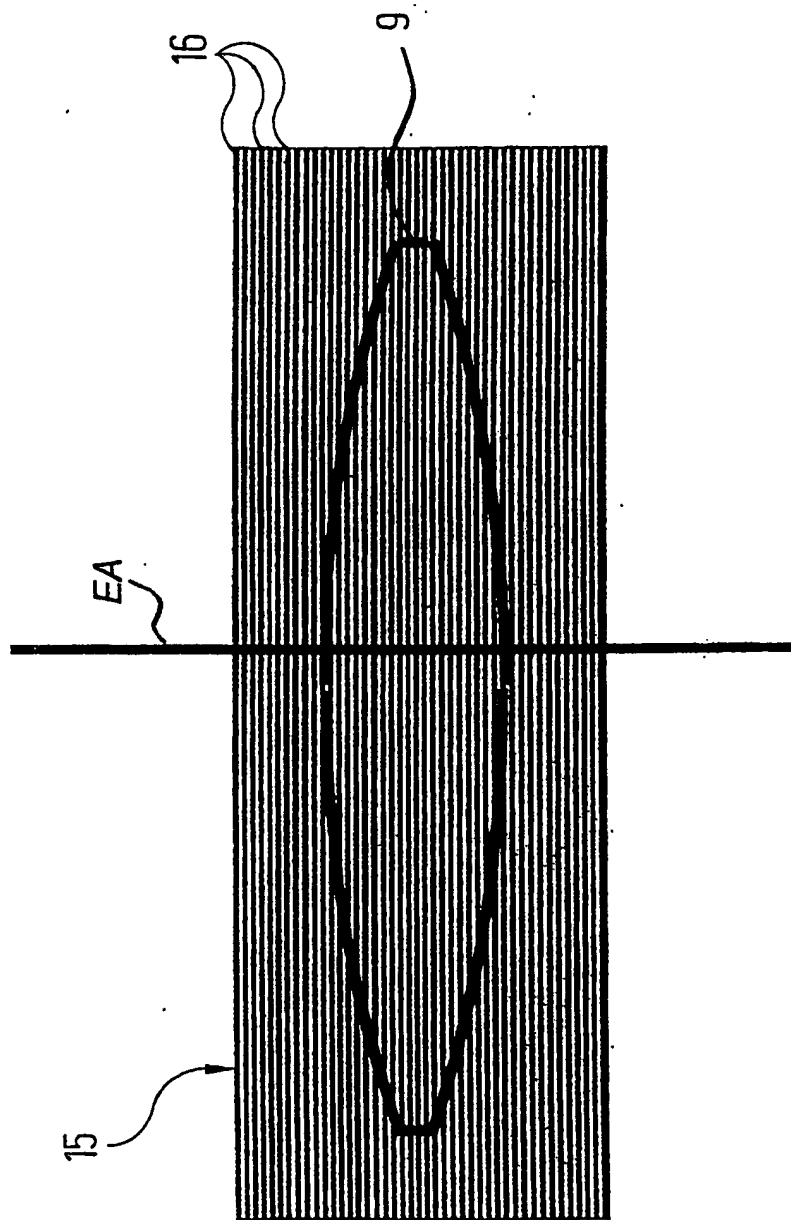
35 10. Photolithographisches Fertigungsverfahren nach Anspruch  
9, gekennzeichnet durch eine Projektionsbelichtung  
mit einer Wellenlänge, die geringer ist als 200 nm.



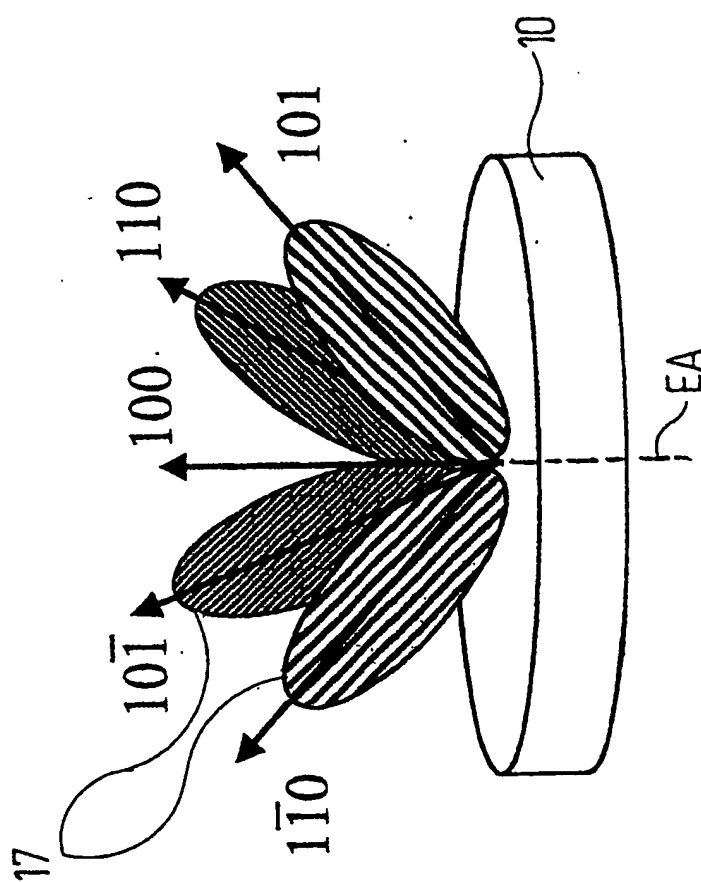
1/5

Fig.1

2/5



3/5



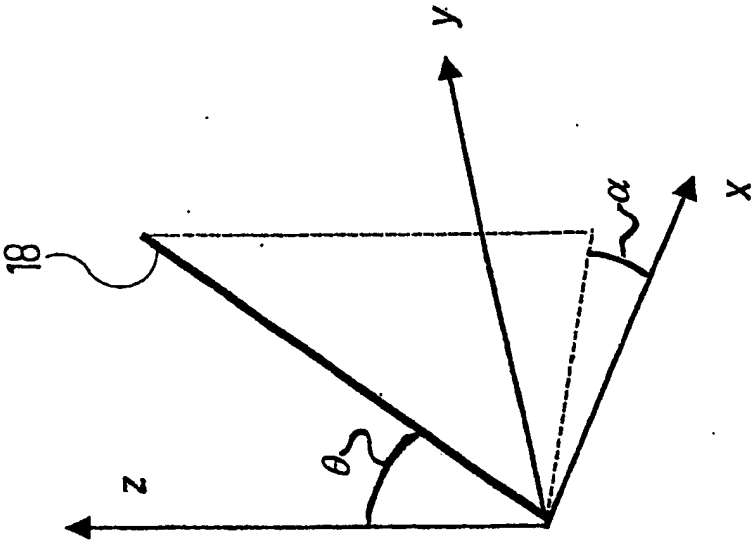
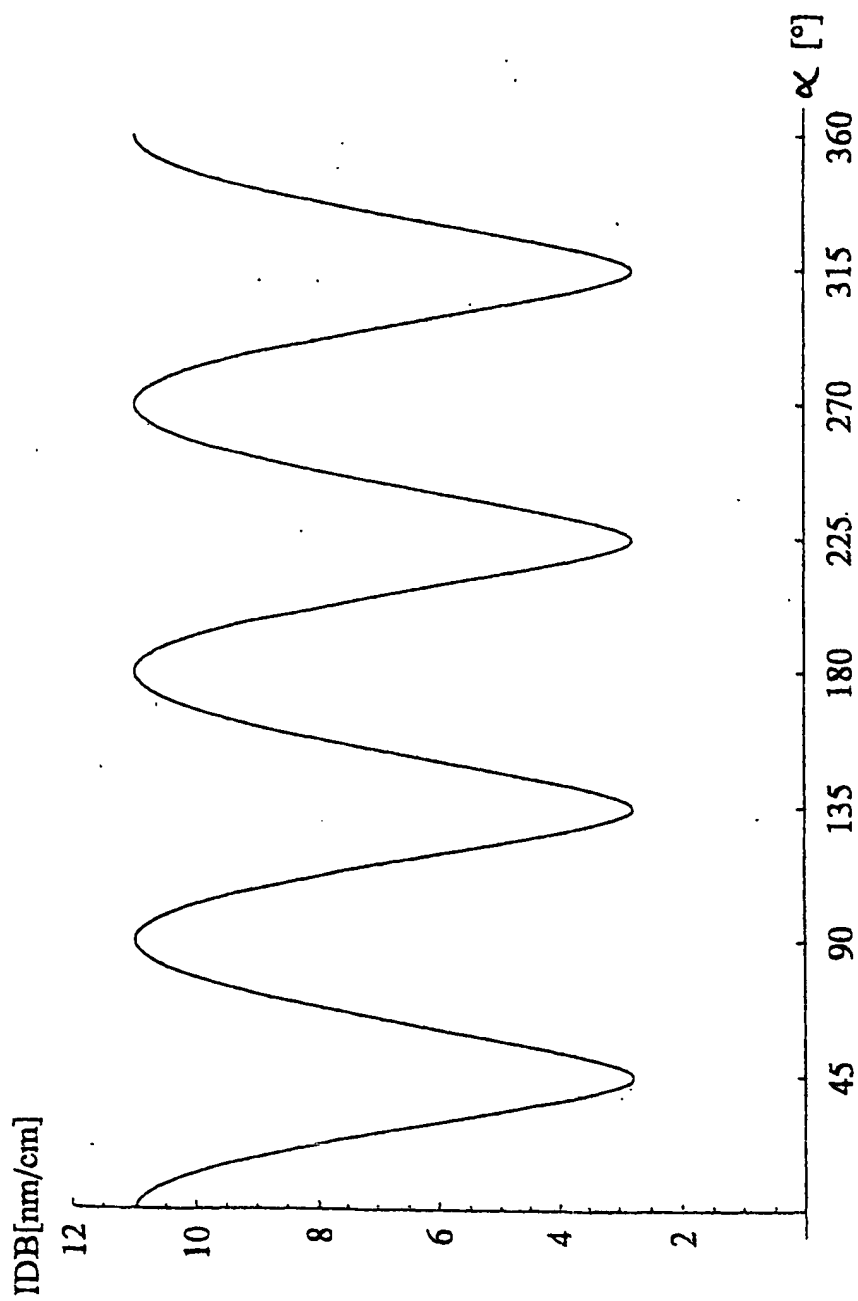


Fig. 4

5/5

Fig.5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/11030

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G03F7/20 G02B5/30 G02B1/02 G02B1/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 063 684 A (NIPPON KOGAKU KK) 27 December 2000 (2000-12-27) cited in the application abstract paragraph '0050! - paragraph '0053! paragraph '0096! - paragraph '0098! ---	1-10
A	US 5 677 757 A (SHIRAISHI NAOMASA ET AL) 14 October 1997 (1997-10-14) column 19, line 46 -column 24, line 15 claims 8-14 ---	1-10
A	US 6 057 970 A (CHOI SANG SOO ET AL) 2 May 2000 (2000-05-02) the whole document ---	1-10
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2003

Date of mailing of the international search report

23/04/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 6818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

van Toledo, W

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/11030

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1063684	A	27-12-2000	AU 1891200 A EP 1063684 A1 US 2002085176 A1 US 6366404 B1 CN 1293822 T WO 0041226 A1	24-07-2000 27-12-2000 04-07-2002 02-04-2002 02-05-2001 13-07-2000
US 5677757	A	14-10-1997	JP 7273005 A JP 8008157 A US 2002080338 A1 US 6333776 B1 US 6304317 B1 US 2002008863 A1	20-10-1995 12-01-1996 27-06-2002 25-12-2001 16-10-2001 24-01-2002
US 6057970	A	02-05-2000	KR 269244 B1 JP 11354432 A	01-12-2000 24-12-1999
US 6252712	B1	26-06-2001	DE 19807120 A1 EP 0937999 A1 JP 11271680 A TW 403842 B	26-08-1999 25-08-1999 08-10-1999 01-09-2000
US 4701606	A	20-10-1987	JP 1924607 C JP 6052708 B JP 61109053 A	25-04-1995 06-07-1994 27-05-1986
US 5625453	A	29-04-1997	JP 7190722 A JP 3382389 B2 JP 7174517 A	28-07-1995 04-03-2003 14-07-1995

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/11030

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 252 712 B1 (F UML RTER GERHARD ET AL) 26 June 2001 (2001-06-26) the whole document	1-10
A	US 4 701 606 A (ISHIZAKA SHOJI ET AL) 20 October 1987 (1987-10-20) column 2, line 27 -column 4, line 9 column 5, line 6 - line 15	1-10
A	US 5 625 453 A (OHTSU YOSHIKI ET AL) 29 April 1997 (1997-04-29) abstract column 3, line 8 - line 20	1-10